Zur feineren Anatomie der Lunge von Halicore dugong.

(Aus dem tierärztlichen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag.)

Von

Dr. Friedrich Karl Pick.

Mit 15 Figuren im Text.

Das Material, welches mir zur Bearbeitung der Lunge von Halicore dugong (australis) zur Verfügung stand, gehört zu den Objekten, welche Prof. H. Dexler von seiner im Jahre 1901 mit Unterstützung der Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Böhmen nach der Küste Queenslands und dem Korallenmeere unternommenen Reise zur Erlangung wissenschaftlich zu verarbeitenden Materiales von Halicore dugong mitgebracht hatte. Es lagen zur Untersuchung ein Paar in toto im Zusammenhange mit Zunge, Larynx und Trachea herauspräparierter und in Formol aufbewahrter Lungen vor, wobei die Konservierung durch Injektion der Gefäße mit Formol und Unterbindung derselben unterstützt worden war; ferner mehrere kleinere Stücke aus den verschiedenen Teilen der Lunge, welche zum Zwecke der histologischen Bearbeitung in starkem Alkohol fixiert waren.

I. Allgemeine Anatomie der Lunge.

Die Lungen, welche die Abbildung (Fig. 1) flach ausgebreitet in ihrer Verbindung mit Larynx und Trachea von der medioventralen Seite gesehen wiedergibt, stammen von dem bei Dexler und Freund (: 06, p. 95) mit IV bezeichneten Weibchen, welches eine Länge von 245 cm und einen größten Umfang von 202 cm aufwies. Von den beiden Lungenflügeln wurde der rechte zur Darstellung der Anordnung des Hilusverlaufes und zu Querschnitten, der linke zur Injektion der Gefäße und zur Präparation der Gefäße und Bronchien benützt. Als Injektionsmasse diente die Dalla Rosa'sche Siegellackmasse. Außerdem wurden, nachdem die gröbere

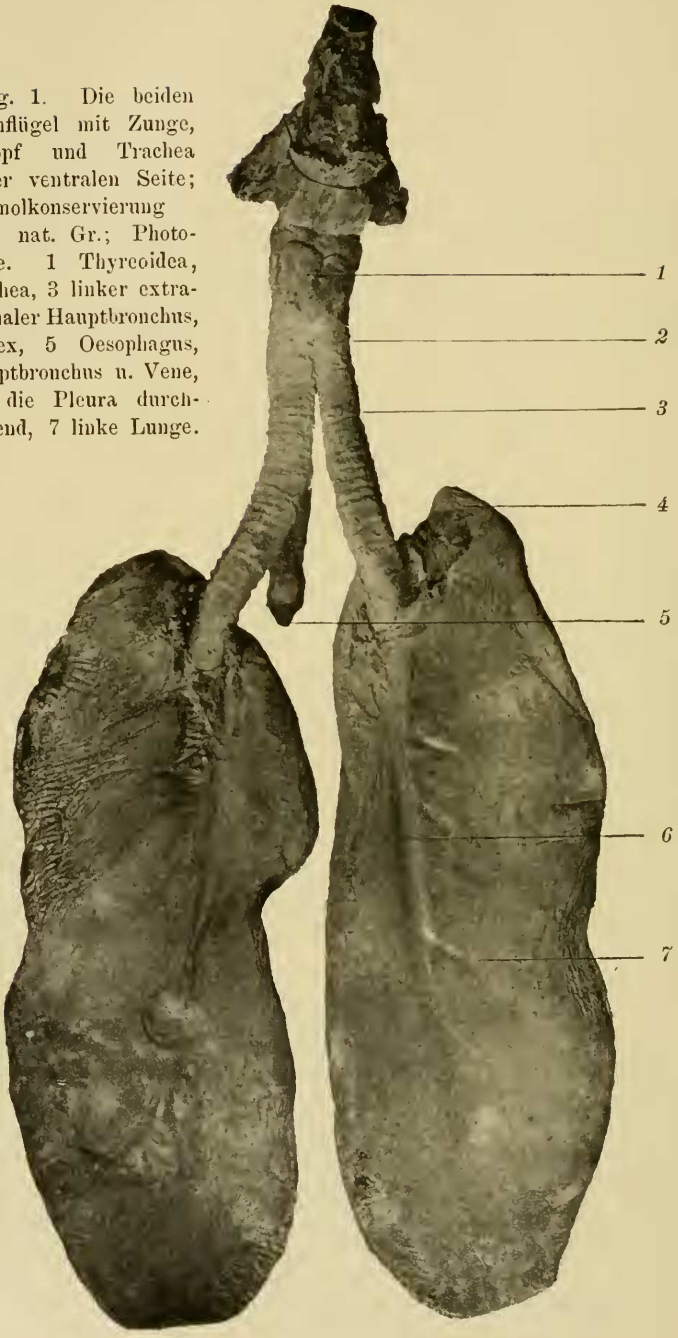

Fig. 1. Die beiden Lungenflügel mit Zunge, Kehlkopf und Trachea von der ventralen Seite; Formolkonservierung 1 : 1,5 nat. Gr.; Photographie. 1 Thyreoidea, 2 Trachea, 3 linker extrapulmonaler Hauptbronchus, 4 Apex, 5 Oesophagus, 6 Hauptbronchus u. Vene, durch die Pleura durchscheinend, 7 linke Lunge.

Anatomie beendet war, Bronchienstücke aus verschiedenen Teilen beider Lungen zum Studium der Knorpelverhältnisse entnommen.

Lage, Form und Größe. Die Lungen nehmen den größten Teil des Brustraumes ein und liegen, im vorderen Teile das große Herz umfassend, mit der kovexen Fläche den Rippen an. Sie divergieren also ventral- und lateralwärts, sodaß die beiden Hauptflächen medioventral bezw. dorsolateral gelegen sind. Diese beiden Seiten will ich mit Ellenberger-Baum als die kostale und die mediastinale Fläche (Facies costalis und mediastinalis) bezeichnen.

Die von der Pleura überzogenen Lungen sind im konservierten Zustande von hellgrauer Färbung und zeigen vielfach seichte Furchen, welche wohl von der Schrumpfung herrühren. Schon durch die Pleura hindurch sieht man den ganzen Hilusverlauf, indem die Hauptbronchien und -venen, bloß von der ersteren bedeckt, an der Oberfläche der Facies mediastinalis verlaufen; ebenso kann man die großen peripherischen oder Endbläschen durchschimmern sehen; auf Tangentialschnitten durch die Lunge treten diese Endbläschen auffallend hervor, indem sie der angeschnittenen Partie der Rinde infolge der polygonalen Felderung ein wabenartiges Aussehen verleihen. Schon Rapp hat die vorstehenden Besonderheiten gebührend hervorgehoben.

Wie Fig. 1 zeigt, haben die Lungen die Form langer plumper Säcke und sind auf der dorsolateralen Seite gewölbt, auf der ventromedialen Seite flach. Hierbei muß bemerkt werden, daß die seitlichen Eindrücke, welche auf der Photographie etwa in der Mitte der beiden Außenkanten zu sehen sind, bei der Konservierung künstlich entstanden sind. Das Aeußere der Dugong-Lunge hat übrigens schon Brandt ('61—'68, p. 270) in seiner die ältere Literatur zusammenfassenden Darstellung mit den allgemeinen Worten: „pulmones magnitudine aequales, longissimi, angusti, dorso convexi . . .“ wiedergegeben. Für Manatus berichtet Rapp fast identische Verhältnisse.

Die Länge der Lunge beträgt 60 cm, wobei bemerkt sei, daß die beiden Lungenflügel ungefähr gleich lang sind; da, wie schon angegeben wurde, das Tier, dem die Lungen entnommen sind, 245 cm lang war, so betrug die Länge der Lungen bei diesem Tiere ungefähr ein Viertel der gesammten Körperlänge. Die Breite beträgt 21—23 cm, die Dicke bis 8 und der größte Umfang 53 cm, sodaß auch hier der Umfang ungefähr dem vierten Teile des ganzen Körperumfanges entspricht. Oral gehen die sonst einförmig sackartigen Lungen in Zipfel aus, welche durch einige wenige Furchen getrennt sind. Medial von der oralen Lungenspitze, zwischen dieser und der Eintrittsstelle des Stammbronchus gelegen, erweisen sich diese Furchen denjenigen ähnlich, welche O. Müller ('98, Taf. III, Fig. I) vom Braunfisch beschreibt; es ist jedoch hervorzuheben, daß diese „Lappung“ bei Halicore weit schwächer entwickelt ist.

Hilus. Medial von der Lungenspitze tritt der Stammbronchus jeder Seite in den ventral gelegenen Hilus des zugehörigen Lungenflügels. Schon äußerlich ist die ganze Hilusformation deutlich zu erkennen. Hebt man die Pleura auf der mediastinalen Seite ab, so ergibt sich das Bild der Fig. 2.

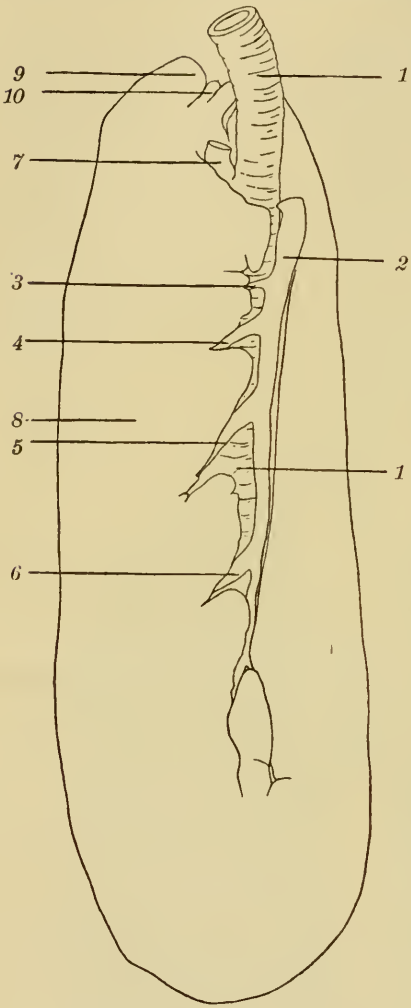

Fig. 2. Facies mediastinalis der rechten Lunge nach Entfernung der Pleura. Formolkonservierung; 1 : 4 nat. Gr. 1 Stammbronchus, 2 Vena pulmonalis, 3, 4, 5, 6 Hauptäste der V. p., 7 Arteria pulmonalis, 8 Lungengewebe, 9 Apex, 10 „Lappung".

Entlang dem lateralen Rande des Hilusverlaufes (es liegt hier die rechte Lunge vor) ragen Zipfel des Lungengewebes lappenartig zwischen die Hauptäste des Stamm-Bronchus und bis nahe an den letzteren heran.

Stärker zeigt sich diese Hiluslappung am kaudalen Teile, wo sich ein langovales Stück des Lungenparenchyms, mit dem übrigen Gewebe bloß durch eine schmale Brücke verbunden, zwischen die kaudalen Zweige des Stammbronchus einschiebt, wobei sowohl medial- wie dorsalwärts ganz seichte Furchen bis gegen den Rand zu abgehen. Ähnliche seichte Furchen finden sich überdies auch an anderen Stellen der Facies mediastinalis.

Parenchym. Die Hauptmasse des Lungengewebes wölbt sich kostal über den Bronchien und Gefäßen auf, sodaß der Querschnitt durch die ganze Lunge eine brotlaibförmige Gestalt aufweist.

Schon an dieser Schnittfläche ist zu beobachten, daß das Gewebe im Zentrum dichter als an der Peripherie ist, indem letztere aus in einer Schicht angeordneten, großen, langgestreckten, senkrecht zur Oberfläche gerichteten Gewebsräumen, den End- oder Terminalbläschen besteht. Die größten Endbläschen findet man in der lateralen Gegend der Kostalseite, und ebenso zeigen die Endbläschen

auf der Mediastinalseite gegen den lateralen Rand zu die größte Entwicklung.

Bronchien und Gefäße. Betrachten wir den Verlauf des Stammbronchus und der Gefäße von der Mediastinalseite (Fig. 2), so finden wir, daß der erstere, wie schon gesagt wurde, etwas näher zum mediodorsalen Rand in die Lunge eintritt.[1]) Er hat an der Eintrittsstelle einen Durchmesser von 3,5 cm, verjüngt sich von hier an allmählich durch eine Strecke von ungefähr 40 cm, bis er sich nahe dem kaudalen Ende der Lunge in drei ziemlich gleich starke Äste teilt, von denen keiner mehr mit Sicherheit als die direkte Fortsetzung des Stammbronchus in Anspruch genommen

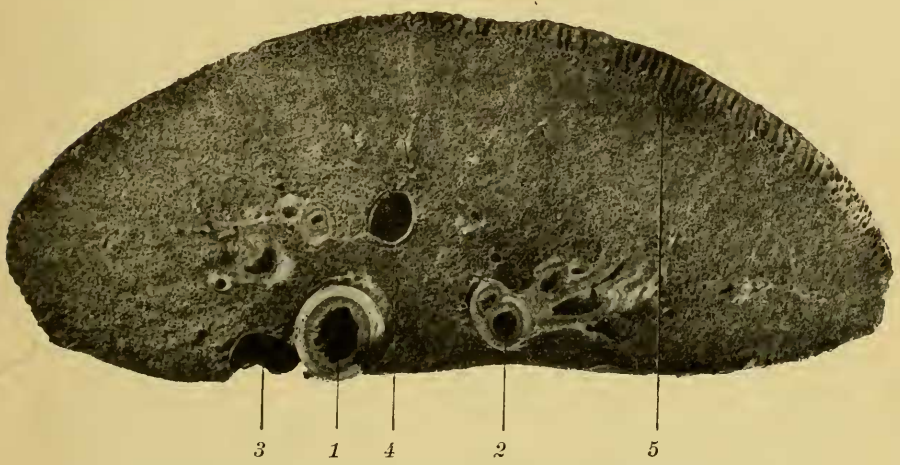

Fig. 3. Querschnitt durch die rechte Lunge. — Formolkonservierung; Photographie. $^1/_2$ nat. Gr. 1 Stammbronchus, 2 lateraler Bronchusast, 3 Vena pulmonalis, 4 Arteria pulmonalis, 5 Terminalbläschenschichte.

werden kann, sodaß damit der bis dahin monopodische Charakter des Bronchusverlaufes verloren geht. In seinem Verlaufe gibt der Stammbronchus vor seiner kaudalen Aufsplitterung sechs größere Seitenzweige ab, von denen der erste nach Ursprung und Verlauf etwas mehr kostalwärts verschoben ist und sich in die Lungenspitze weiter verteilt, während die fünf anderen ausgesprochen lateroventralen Ursprungs sind und diese Richtung beibehalten. Überhaupt tritt hier (Fig. 4) deutlich in die Erscheinung, daß auf der Mediastinalseite der Lunge die bedeutendere Gliederung gegen den lateroventralen Rand zu finden ist, während sich der dorsomediale Teil den größten Teil des Hilusverlaufes entlang als

[1]) Rapp behauptet für diese Gegend bei Manatus das Vorhandensein von mehreren lymphatischen Drüsen (Bronchialdrüsen). Hier war nichts dergleichen.

kompaktes Lungengewebe mit glatter Kante von dem die großen Bronchien und Gefäße aufweisenden Mittelteile abhebt. Die 5 großen lateroventralen Seitenzweige des Stammbrochus entspringen unter Winkeln von 65, 55, 45, 35 und 45° kaudalwärts geneigt, und geben bald, indem sie sich nach kürzerem oder längerem Verlaufe gabeln nach verschiedenen Seiten kleinere Äste ab. Weiterhin erfolgt die Teilung in so kleine Verästelungen, daß beim Präparieren die Bronchioli kaum mehr vom Lungengewebe zu sondern sind. Die großen Seitenzweige(Bronchi II.Ordnung) haben bei der Abgangsstelle vom Stammbronchus einen äußeren Durchmesser von 1,5—2 cm die kaudalen Endzweige desselben einen solchen von etwa 1 cm.

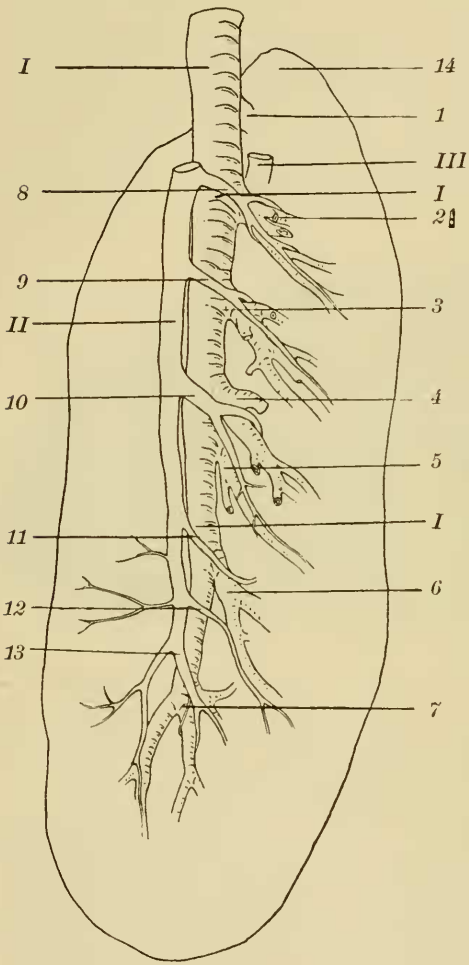

Fig. 4. Facies mediastinalis der linken Lunge nach Entfernung der Pleura und Präparation der Bronchien und injizierten Venen; Formalkonservierung; $^1/_4$ nat. Gr. I Stammbronchus, II Vena pulmonalis, III Arteria pulmonalis, 1—7 Bronchi 2. Ordnung, 8—13 Hauptzweige der Vena pulmonalis, 14 Apex.

Die Vena pulmonalis (Fig. 4) tritt knapp neben dem Stammbronchus, und zwar dorsomedial von ihm, in die Lunge ein und verläuft demselben entlang bis gegen die kaudalen Abzweigungen hin, immer medial und dorsal vom Bronchus und eng an ihn angeschlossen. Bloß in der Gegend des 4. und 5. Bronchus II. Ordnung tritt Lungengewebe in der Breite von circa einem cm zwischen den Stammbronchus und die Vene. Auch die Seitenzweige der Vene schließen sich denen des Stammbronchus, ihn lateroventral überkreuzend, demnach etwas höher als die Bronchusäste entspringend, eng an; sie verlaufen teils lateroventral

und wie die Bronchien II. Ordnung unter kaudalwärts offenem, spitzem Winkel gegen den lateroventralen Rand zu, um sich hier weiter zu verästeln, teils umgreifen sie, sich bei der Abgangsstelle der Zweigbronchi gabelnd, diese selbst und ziehen, sich weiter teilend und zuweilen kleinere Bronchienzweige umkreisend, nach dem kostalen Teil der Lunge. Kleinere Seitenzweige der Vene gehen dann noch mediodorsalwärts ab, und zwar erst von der Stelle an, wo lateroventral der 6. Bronchus II. Ordnung abgeht, bis zu den aboralen Endzweigen des Stammbronchus und der Vene hin.

Ein ganz anderes Bild als die Mediastinalseite bietet die Aufsicht auf den Bronchien- und Gefäßverlauf von der Facies costalis her. In diesen Abschnitt gelangen vom Stammbronchus kurze, kräftige Seitenzweige; sie verästeln sich aber, entgegengesetzt dem Verhalten der lateroventralen Zweige, nach ganz kurzem Verlaufe nach allen Richtungen.

Die Arteria pulmonalis tritt lateroventral vom Stammbronchus, also zwischen diesem und der Lungenspitze, in die Lunge ein und verläuft kostalwärts vom Bronchus weiter u. zw. nicht wie die Vene eng an diesen angeschlossen, sondern in einem bis 1,5 cm betragenden Abstand von demselben (Fig. 3,4). Sie verjüngt sich allmählich bis gegen das distale Ende der Lunge zu und gibt nach beiden Seiten, gegen den lateroventralen und dorsomedialen Rand, zahlreiche Zweige ab, die stärkeren und zahlreicheren gegen den lateroventralen hin. Wie man sieht, sind in vieler Beziehung die Unterschiede gegenüber der Manatus-Lunge, die von Rapp ziemlich ausführlich geschildert wurde, nicht groß. Auch das Situsbild, das Murie ('70, Taf. XXVI, fig. 37) von der Lunge des Manatus zeigt, dürfte kaum von jenem verschieden sein, welches die Lunge von Halicore bietet. Owen bespricht ('68, p. 579) die Lungen der Sirenen gemeinsam und vergleicht sie mit denen von Chelone.

Als Ergebnis der bisherigen Untersuchung sei hauptsächlich hervorgehoben, daß die Halicorelunge als eine Lunge von derben Formen und äußerst einfachem Bau zu bezeichnen ist. Die plumpe, langgestreckt sackartige Form der Lungen kann wohl als das Ergebnis einer sekundären Anpassung an die Formverhältnisse eines für das Wasserleben zunächst bestimmten, fischartig spindelförmigen Körpers, bezw. an den in diesem gegebenen, verfügbaren Brustraum angesehen werden. Was speziell die Bronchien und Gefäße betrifft, so fällt die einfache Verteilung derselben, welche einen im Wesentlichen monopodischen Charakter trägt, der förmlich schematisch einfache Verlauf der Seitenzweige lateroventralwärts und die große Verschiedenheit des mediodorsalen und lateroventralen Lungenteiles in Bezug auf die Versorgung durch Bronchien und Gefäße auf.

Die Lungen besitzen keine Lappung oder höchstens die letzten Reste einer solchen in den schwachen Einkerbungen an den Lungenspitzen. Ein gleiches Verhalten weist O. Müller ('98, p. 166 u. ff.) bei anderen Wassersäugern nach; er bemerkt, daß die, z. B. bei

Katze, Hund und Lutra noch vollständig freien Lungenlappen schon bei Enhydra zum Teil verschmolzen seien; der bei dieser noch vorhandene, verhältnismäßig jedoch kleine Lobus infracardiacus sei bei Phoca bereits geschwunden und auch die Verschmelzung der übrigen Lappen gehe bei dieser weiter; ähnlich sei die Entstehung der ungelappten Lungen bei den Cetaceen zu vermuten. O. Müller kommt zu dem Schlusse, „daß unter dem fortschreitenden Einflusse des Wasserlebens die Lungenlappen verschmelzen.“ Selbstverständlich werden wir auch bei Halicore, einer Angehörigen der von den übrigen Wassersäugern differenten Sirenia, ein gleiches Verhalten beobachtend, wohl nicht fehlgehen, wenn wir in der Ungelapptheit der Lungen eine den verschiedensten, dem Wasserleben angepaßten Säugergruppen zukommende Konvergenzerscheinung erblicken.

II. Trachea und Bronchien.

Die Trachea von Halicore dugong ist entsprechend der Kürze des Halses ungemein kurz, wie auch alle Beobachter übereinstimmend angeben. Sie ist ventral stark vorgewölbt, dorsal konkav. Infolgedessen erscheint auch die Länge der Trachea auf beiden Seiten verschieden; dazu kommt noch, daß sich in der Lage der Teilungsstelle ein auffallendes Verhalten konstatieren läßt. Während nämlich auf der ventralen Seite die beiden Bronchien bereits deutlich getrennt abgehen, sind sie auf der dorsalen Seite noch ein ziemliches Stück weit bindegewebig verbunden. Bei dem einen Exemplar ist der Unterschied bedeutend stärker ausgeprägt; es bleibt dahingestellt, ob es sich nicht etwa um eine Alterserscheinung handelt. Auch bei dem zweiten untersuchten Exemplare geht die Verschmelzung dorsal weiter als ventral. So ist denn die Länge der Trachea bei dem ersteren auf der Ventralseite 54 mm, während, wie gesagt, auf der entgegengesetzten Seite der Zusammenhang der ventral bereits geteilten Bronchien viel weiter andauert; beim letzteren beträgt die Länge ventral 55 mm.

Die Kürze der Trachea erscheint besonders charakteristisch gegenüber der verhältnismäßigen Länge der extrapulmonalen Bronchien. Dieses Verhältnis zwischen der Länge der Luftröhre und der Bronchi ist bei anderen Wassersäugern, z. B. bei Phoca ein ganz entgegengesetztes; bei dieser reicht die schmale und sehr lange Luftröhre fast bis in die Mitte zwischen die beiden Lungen hinein, und hier erst gelangen die beiden Bronchien, im stumpfem Winkel voneinander abzweigend, in die entsprechende Lunge, während bei Halicore dugong die Bronchien nahe beisammen zum Apex des ihnen zugehörigen Lungenflügels ziehen und knapp bei der Lungenspitze in das Lungengewebe eintreten.

Der äußere Quer-Durchmesser der Trachea, knapp vor jener Stelle, an welcher auf der ventralen Seite die Teilung in die beiden Hauptbronchien erfolgt, beträgt bei dem einen der von mir unter-

suchten Exemplare etwas mehr, bei dem anderen etwas weniger als 7 cm.

Über die Zahl der knorpeligen Trachealringe bestehen in der Literatur Meinungsverschiedenheiten, welche daher stammen, daß in der Trachea offenbar Verwachsungen verschiedener Knorpelspangen stattfinden können, und die einzelnen Ringe noch schwerer scharf zu sondern sind als bei den Bronchien. Bischoff ('47, p. 5) sagt z. B. „Der Luftröhre kann man ungefähr 7 Ringe zuschreiben, obgleich dieselben schwer zu unterscheiden sind, da sie vorn und hinten ineinander übergehen", während Owen ('68) vermerkt, daß bei Halicore nur drei Trachealringe vorhanden sind, welche spiralförmig gewunden sind und ineinander übergehen. Diese Angabe gibt Leche ('74—:00, p. 1138) wieder; Brandt ('61—'68, p. 231) gibt für die Trachealringe keine Zahl an, sondern bemerkt blos bei der Besprechung der Sirenia im allgemeinen, daß die sehr kurze Trachea sich aus vollständigen, sehr häufig spiraligen Ringen zusammensetzt. Nach meiner Untersuchung glaube ich der Trachea 5 Ringe zusprechen zu dürfen, und zwar liegen hier sowohl primäre Knorpelspangen als auch die schmäleren sekundären Knorpelstreifen vor, deren nähere Besprechung der Untersuchung über die Knorpelverhältnisse der Bronchien vorbehalten bleibt. Auch die Formen der Knorpel„ringe" gleichen ungefähr jenen, welche bei den Bronchien zur Beobachtung kommen. Eine ganz genaue Untersuchung der Trachea wurde einerseits wegen des innigen Zusammenhanges mit dem außerhalb des Rahmens dieser Arbeit fallenden Larynx, andererseits um der Erhaltung der Thyreoidea willen nicht vorgenommen; aber soviel kann konstatiert werden, daß die Knorpelspangen teils vollständige Ringe, teils kurze, etwa 2 Umgängen in der Länge entsprechende Spiralen sein dürften. Über die Carina tracheae liegt in der Literatur keine Angabe vor. Bei Heller u. v. Schrötter ('97) finden sich Angaben über diesen Punkt weder für Sirenen noch für Cetaceen, trotzdem dort eine große Zahl von verschiedenen Ordnungen angehörenden Säugern zur Besprechung gelangen. Bei Halicore dugong fand sich der Sporn (nach der Ausdrucksweise der genannten Autoren) knorpelig-tracheal.

Die Hauptbronchien haben an der Teilungsstelle einen Durchmesser von 30—35 cm, welcher sich bis an den Hilus ungefähr gleichbleibt; erst von da an beginnt mit der Abgabe von Zweigen auch die Verjüngung des Stammbronchus, welche konstant bis an die kaudalen Endzweige hin andauert. Nach dem Abgehen von der Trachea sind sie eine Strecke weit auf den einander zugekehrten Seiten abgeplattet.

Schon bei der groben Präparation bemerkt man, daß sich außer den breiten, plattenförmigen Knorpelspangen zwischen und über diesen schmale, sekundäre oder intersegmentäre Knorpelstreifen vorfinden, von denen, soviel mir bekannt ist, bisher in der Literatur keine ausdrückliche Erwähnung geschehen ist. Die einzige in der Literatur enthaltene, von Raffles ('20, Taf. XXIX, Fig. 1)

gegebene Abbildung vom Bronchialknorpel des Dugong, welche unverändert in Owens Anatomie ('68, p. 579) übernommen wurde, stimmt mit den vorliegenden gemachten Beobachtungen nicht überein. Eine solche lange, eine größere Zahl von Umgängen umfassende Spiraltour, wie sie dort abgebildet ist, hat sich an den untersuchten Bronchienteilen von Halicore dugong nicht vorgefunden.

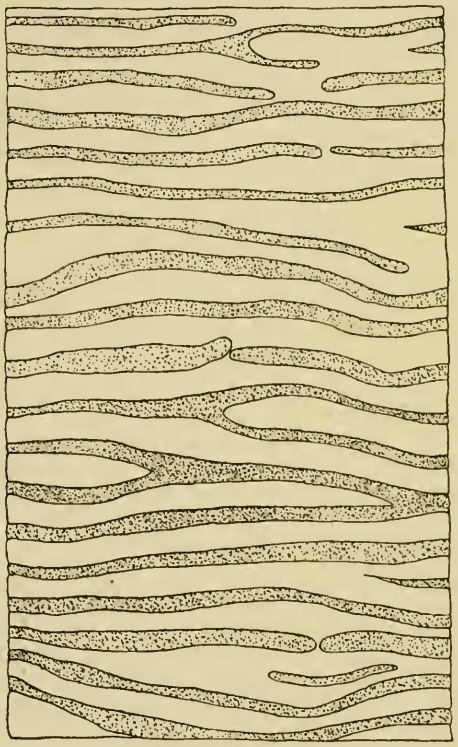

Fig. 5. Oberfläche eines Stammbronchusstückes von Halicore dugong, extrapulmonal, durch einen Längsschnitt gespalten und ausgebreitet; $^2/_3$ nat. Gr., die sekundären Knorpelspangen sammt anliegendem Bindegewebe sind gekörnt dargestellt.

Die primären Knorpelspangen sind von verschiedener Breite. Der einzelne Umgang ist nicht gleichförmig ringartig, sondern zeigt einen unregelmäßigen, mehr weniger gewundenen und ungleichen Verlauf (Fig. 5). Sie zeigen mehrere Typen: einmal vollständige, aber ungleichmäßig breite und nicht in einer Ebene verlaufende Ringe, welche durch gleichfalls vollständige sekundäre Knorpelringe von einander geschieden sind, zweitens Fälle, in denen 2 oder auch 3 sonst vollständige primäre Ringe durch eine schmale Brücke verbunden, sonst aber durch einen oder mehrere auch nicht geschlossene sekundäre Ringe getrennt sind; drittens sehr breite Ringe (Siegelringform), welche eine inselartige Unterbrechung durch ganz kurze, zwischengelagerte sekundäre Knorpelstreifen erfahren, viertens Spiralen von dem Umfange einer Doppeltour; endlich verschiedene Kombinationen zweier von diesen Haupttypen miteinander, indem sich z. B. an einen Ring eine Spirale anschließt, oder eine Spirale mit einem durch eine Brücke verbundenen Doppelring (2. Typus) zusammengeschlossen ist u. s. w.

Aus der eben gegebenen Darstellung der 4 Haupttypen von primären Knorpelspangen ergibt sich eigentlich diejenige der entsprechenden sekundären Knorpelstreifen von selbst: dem vollständigen Ringe entspricht der vollständige sekundäre Knorpelring, dem durch

eine Knorpelbrücke verbundenen Doppelringe — die nicht gegeschlossene, an den beiden Seiten der Verbindungsbrücke endende sekundäre Knorpelspange, dem dritten Typus — die sekundäre Knorpelinsel und der Spirale endlich — diejenige Form des sekundären Knorpels, bei welcher ein im allgemeinen ebenfalls spiralförmig verlaufender sekundärer Streifen sich gabelt, die primäre Knorpelspirale umgreift und umschließt und dann, wieder einfach werdend, spiralförmig weiterverläuft.

Die Stärke und das gegenseitige Größen- und Lageverhältnis der primären und sekundären Knorpelspangen zeigen am besten Längsschnitte aus verschiedenen Teilen der Bronchien, bei welchen die bezüglichen Beobachtungen schon makroskopisch gemacht werden können. (Fig. 6).

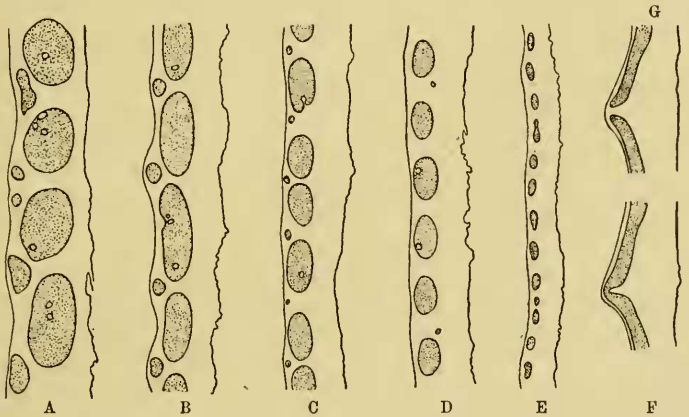

Fig. 6. Längsschnitte durch verschiedene Teile der Bronchien von Halicore dugong, 1 : 6 nat. Gr. Aussenseite links. A, B extrapulmonaler Bronchus; C ebenfalls, aus der Nähe der Lungenwurzel; D intrapulmonaler Bronchus, 25 cm von der Lungenwurzel distalwärts; E Bronchus II. Ordg., 40 cm von der Lungenwurzel distalwärts; in A—E sind die Querschnitte, in F, G die Längsschnitte der Knorpelspangen punktiert. F, G Längsschnitte durch eine knotige Stelle eines sekundären Knorpelstreifens aus dem extrapulmonalen Stammbronchus. Die kleineren Ringe in den Knorpeln bei A sind Ossifikationsherde.

Aus diesen Bildern ergibt sich, daß das Skelet der Trachea und Bronchien in den verschiedenen Abschnitten ziemliche Unterschiede aufweist; im allgemeinen ist eine stetige Verkleinerung und Verminderung, zunächst der sekundären, dann auch der primären Knorpelspangen, bis zu ihrem völligen Schwunde, vom extrapulmonalen Bronchus bis nach den Bronchiolen hin, bemerkbar.

Im extrapulmonalen Bronchus sind die primären Knorpelspangen sehr breit, und von wechselndem Querschnitte. Die Breite

beträgt 5—7 mm, der Querschnitt ist bald rundlich, fast kreisrund, bald langgestreckt oval; immer schieben sich aber hier zwischen die primären die sekundären Knorpelreifen, u. zw. nach außen hin von den ersteren im trachealen Bindegewebe gelegen, ein. Die sekundären Bogen haben eine Breite von ca. 2 mm und einen unregelmäßig länglichen bis rundlichen Querschnitt (Fig. 6, A, B).

Schon an dem in der Nähe des Hilus, der Lungenwurzel, gelegenen Teile des extrapulmonalen Bronchus sind die Größenverhältnisse wesentlich geändert. Das gegenseitige Lageverhältnis von primären und sekundären Knorpelspangen ist noch das gleiche wie vorher; auch treten die sekundären Reifen noch immer regelmäßig, zwischen je zwei primären Spangen nach außen zu gelegen, auf; aber die primären Ringe haben hier nunmehr eine Breite von 3—4 mm, die sekundären von etwa $^1/_2$ mm (Fig. 6, C).

Ganz anders zeigt sich der Knorpel an einem Längsschnitte, der dem intrapulmonalen Stammbronchus, etwa 25 cm von der Lungenwurzel distalwärts, entnommen ist. Hier ist die Größe der primären Knorpelspangen gegen früher nicht bedeutend gemindert, sie zeigen eine Breite von 2—3 mm. Aber die sekundären Knorpelreifen treten schon sehr selten, und bemerkenswerter Weise nach innen, nach dem Lumen des Bronchialrohres zu gelegen, auf. Sie sind auch schon bedeutend schwächer, noch eben makroskopisch sichtbar (Fig. 6, D).

An dem 5. Schnitte, welcher von einem Bronchus II. Ordnung u. zw. in einer Entfernung von ungefähr 40 cm von der Lungenwurzel stammt, sind sekundäre Knorpelspangen nicht mehr wahrzunehmen, die primären Spangen sind nunmehr bloß 0,5—1,5 mm stark und meist von länglichem, ovalem Querschnitte (Fig. 6, E). Zuweilen sind schon makroskopisch Knoten an einzelnen Stellen der sekundären Knorpelspangen zu bemerken: es sind dies rundliche Auftreibungen, welche in einem Längsschnitte die Ansichten der Fig. 6, F, G ergeben, es ragt also hier der Knorpelbogen mit einer Knickung nach außen.

Ein Vergleich mit den bekannt gewordenen Beobachtungen an anderen Wassersäugern zeigt, daß inbezug auf die makroskopischen Knorpelverhältnisse der Luftröhre und der Bronchien gewisse als Konvergenzerscheinungen zu deutende Ähnlichkeiten bestehen. Wie Müller ('98, p. 222) hervorhebt, bildet sich infolge der Anpassung an das Wasserleben eine Reduktion der Halswirbelsäule, in Verbindung damit eine Verkürzung der Luftröhre und als Folge davon eine Annäherung und mehr weniger vollständige Verschmelzung einzelner Trachealringe aus; ferner zeigen die Knorpelbogen eine Neigung zur Spiralbildung oder wenigstens zu spiralenähnlichen Windungen, was man mit Müller ebenfalls als Anpassungserscheinung ansehen kann, die bezwecken soll, „die Luftröhre und besonders die Bronchen gegen den hohen Druck des Wassers widerstandsfähiger zu machen, sowie die Elastizität der Lungen zu erhöhen“. Im übrigen zeigen aber selbst verhältnismäßig nahe-

stehende Formen größere Verschiedenheiten. (Müller, '98, p. 173, 183, 187 etc.) Die dritte Konvergenzerscheinung betrifft mikroskopische Verhältnisse des Bronchialknorpels, deren Besprechung hier angeschlossen sei.

Der Bronchialknorpel ist ein hyaliner, großzelliger Knorpel mit exzentrisch gelegenen Zellkernen. Er zeigt eine geringe Neigung zur Verknöcherung, indem an verschiedenen Stellen, bis weit in den intrapulmonalen Stammbronchus hinein, Ossifikationsherde gefunden werden. Schon Brandt war diese Tatsache im allgemeinen bekannt, denn er sagt bei der Besprechung der „partes internae" des genus Halicore: „Bronchorum annuli, interdum fissi et ossificati" ('61—'68, p. 270). Dagegen steht diese Tatsache im Gegensatze zu den Beobachtungen an anderen Wassersäugetieren. Wenigstens meint Müller, es sei ihm „nie gelungen, auch nur eine Spur einer Verknöcherung der Luftröhrenknorpel zu finden, die bekanntlich Barclay für Beluga seltsamerweise gefunden haben will. Soviel ich weiß, ist bisher bei keinem Wal ein ähnlicher Befund gemacht worden, und es ist demnach zweifelhaft, ob man auf die Barclay'sche Beobachtung überhaupt Gewicht zu legen hat. Nach meiner Ansicht würde eine Verknöcherung der Luftröhrenknorpel wesentlich dazu beitragen, die Elastizität der Lungen zu vermindern, die bei dem Wale aber doch gerade eine so grosse Rolle spielt. Die Expiration sowohl wie die Inspiration würde darunter erheblich leiden." In unserem Falle, wo nicht wie bei der Barclay'schen Beluga bloß die intrapulmonalen Bronchien, sondern in verstärktem Maße die extrapulmonalen Bronchi Ossifikationen aufwiesen, ist es nicht ausgeschlossen, daß es sich um eine Alterserscheinung handelt, weil die Verknöcherung bloß an den genannten und nicht auch an demjenigen Dugong zur Beobachtung kam, welcher die Objekte für die histologische Bearbeitung lieferte. Indessen ist zu bedenken, daß auch Brandt die Ossifikation der Bronchienringe vermerkt, und daß das die Verknöcherung aufweisende Tier (bei Dexler und Freund, '06, p. 95 in der Maßtabelle: IV) das kleinste, allerdings ein Weibchen, ist. Um sich hierüber mit Sicherheit auszusprechen, bedürfte es jedenfalls eines grösseren Materials.

Als charakteristischer Befund ergab sich ferner die als dritte Konvergenzerscheinung anzusprechende Tatsache, daß die Bronchiolen die Knorpelausstattung bis in die kleinsten, nicht mehr als 0,3 mm im Durchmesser betragenden Endzweige behalten.

Wenngleich es im allgemeinen in Übereinstimmung mit bekannten Verhältnissen bei Waltieren steht, daß hier die Knorpelausstattung der Bronchienzweige weiter geht als bei den meisten Landtieren, so sind diese Umstände bei den ersteren doch nicht im Detail erforscht, so daß sich in der Literatur manche Widersprüche finden, die noch der Aufklärung harren. Die zur histologischen Bearbeitung benutzten Objekte stammten von dem bei Dexler und Freund (: 06, p. 95) mit VI bezeichneten Tiere, einem Männchen, das eine Körperlänge von 290 cm und einen größten Umfang von

200 cm aufwies, mithin ein größeres und älteres, jedenfalls erwachsenes Tier gewesen ist. Es ist dies deshalb wichtig, weil O. Müller Verschiedenheiten in den Befunden darauf zurückführt, daß das einemal ein Embryo, das anderemal ein ausgewachsenes Tier Objekt der Untersuchung gewesen ist; denn er behauptet ('98, p. 189), bei Hyperoodon rostratus an einem Embryo „bis in die feinsten, kaum stecknadeldicken Ästchen" Knorpel vorgefunden zu haben, während bei dem erwachsenen Tiere nach Schröder van der Kolk in Ästen von 2 mm Durchmesser keine Knorpelringe mehr angetroffen wurden. Ziehen wir nun schon zur Vergleichung Befunde an anderen Wassersäugern heran, so sei bemerkt, daß auch Bouvier an *Hyperoodon rostratus*, u. zw. an einer „femelle d'assez grande taille", also offenbar an einem erwachsenen Tiere, die Beobachtung machte: „Dans l'Hypéroodon, je les trouvais encore sur les bronches les plus fines, à peine visibles à l'oeil nu, qui conduisent au lobule pulmonaire terminal." ('92, p. 288.) Von *Balaenoptera* werden ähnliche Verhältnisse beschrieben; Carte und Macalister sagen von den Bronchiolen bei *Balaenoptera rostrata*, sie seien „retaining their cartilages to their seventh division, when the tubes measured about one line in diameter" ('69, p. 244), O. Müller fand bei *Balaenoptera musculus*, daß die Knorpel sich „bis in die feinsten Äste hinein erhalten" ('98, p. 288).

Hält man aber diesen Beobachtungen diejenigen gegenüber, welche an Halicore dugong gemacht wurden, so scheint doch bei diesem die Verknorpelung noch weiter zu gehen als es bei den Cetaceen der Fall ist, bezw. erhalten sich vielleicht Verhältnisse, wie sie sich bei den anderen im embryonalen Zustande finden, hier das ganze Leben hindurch; denn, während sich der Knorpel bei Balaenoptera nach Carte und Macalister bis zu Bronchien erstreckt, welche etwa 2 mm (1 Linie) im Durchmesser haben, und Schröder van der Kolk ebenfalls bei 2 mm Durchmesser keine Knorpelringe mehr an den Bronchienzweigen von Hyperoodon fand, u. s. w., so war an der Lunge des erwachsenen Dugong überhaupt keine derartige Begrenzung zu beobachten; der Knorpel erhält sich hier bis an den Eingang der grossen Terminalbläschen (Fig. 7).

III. Histologie.

Es musste von vornherein aussichtsvoll erscheinen, die Lunge des Dugong, von der bisher nur die oberflächsten anatomischen Beobachtungen vorlagen, einer eingehenderen mikroskopischen Untersuchung zu unterziehen. Denn mußte Oppel (:05, p. 695) schon von den Cetaceen sagen: „Eine eingehende mikrospische Beschreibung in der Literatur ist mir nicht bekannt geworden", so ist es um die Kenntnis der Sirenia in dieser Beziehung noch schlechter bestellt und das Wenige, das an bemerkenswerten Befunden über die Sirenenlunge zu verzeichnen ist, stammt fast ausschließlich von

Manatus (vgl. Oppel, : 05, p. 699). Zudem konnten, wie schon eingangs bemerkt worden ist, Stücke aus verschiedenen Teilen der Lunge untersucht werden. Von diesen wurden mehrere Schnittserien angefertigt. Die Schnitte der in Celloidin eingebetteten Stücke wurden in der gewöhnlichen Weise nach Delafield mit Hämatoxylin-Eosin, bzw. mit Orceïn und endlich nach Van Gieson gefärbt.

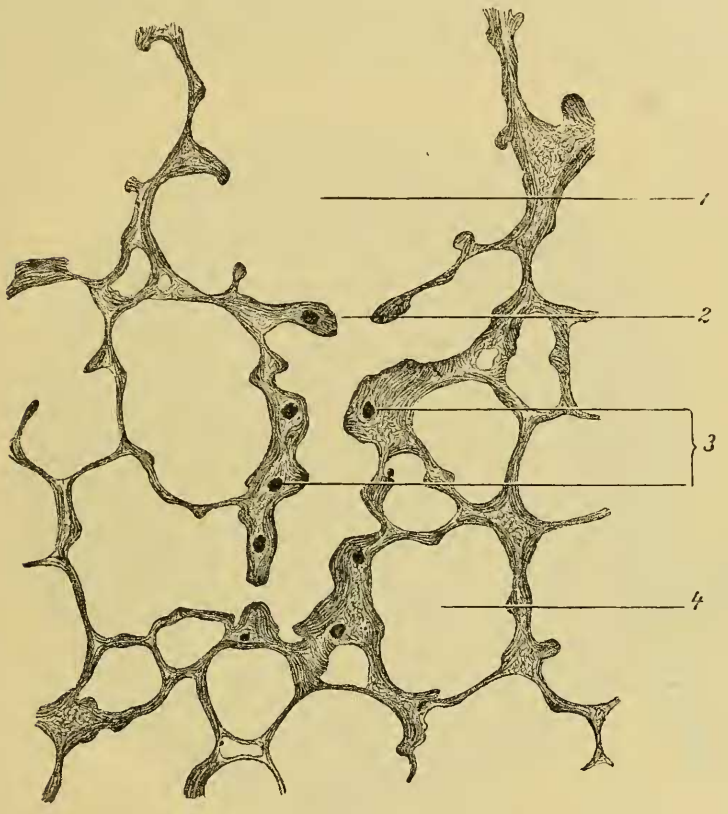

Fig. 7. Medianschnitt durch ein Infundibulum. 22 × nat. Größe.
1 Grund des Terminalbläschens; 2 Eingang in dieses aus dem Bronchiolus; 3 Quergetroffene Knorpelspangen; 4 Alveolus.

Bronchialauskleidung. An nach Van Gieson gefärbten Schnitten durch die Mitte des Lungenparenchyms sehen wir, daß die größeren Bronchien gegen das Lumen von einer starken dicken Schleimhaut ausgekleidet sind, welche zottenartig in das Innere des Bronchialrohres vorragt und mit einem einzeiligen Flimmerepithel ausgekleidet ist. An dem Stammbronchus ist diese, dort natürlich noch stärker ausgebildete Schleimhautbekleidung schon

makroskopisch deutlich wahrzunehmen, indem die in das Lumen vorragenden Schleimhautfalten dem makroskopischen Innenbilde des Bronchus ein kanneliertes Aussehen verleihen. Dort, wo sich die innerhalb der Knorpelringe gelegene Längsmuskulatur, also submuköse Muskulatur zu Längsspangen aufwölbt, sind die diese überziehenden Schleimhautfalten am stärksten und springen, einen langen, spitzzulaufenden Zipfel bildend, weit in das Innere des Bronchialrohres vor, während die zwischen den Vorwölbungen gelegenen Zotten bedeutend kleiner und oft stumpf oder keulenförmig nach dem Lumen zu verbreitert sind. Zwischen den Falten sind größere

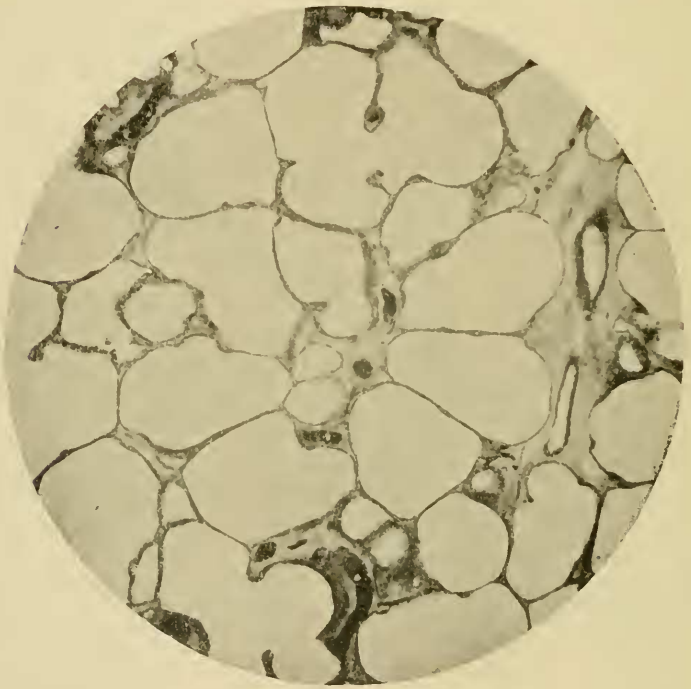

Fig. 8. Schnitt durch das Lungenparenchym eines erwachsenen Dugong; Mikrophotogramm; 21 × nat. Gr.

Schleimklumpen wahrzunehmen. Der Flimmerzellenbelag geht in den Bronchiolen allmählich in ein einfaches Plattenepithel über. Bei einem Durchmesser des Bronchusastes von etwa 1 mm sind die vorspringenden Falten schon bedeutend schwächer entwickelt, sie werden stumpfer und breiter, später sieht man am Querschnitt durch das Bronchiolenrohr nurmehr durch ein wellig kontourierte Schleimhautbekleidung angedeutet, bis endlich bei einem Durchmesser des Bronchiolenrohrs von nicht ganz $^1/_2$ mm bereits aus-

gesprochen glattes Plattenepithel vorliegt. Dieses Plattenepithel innerhalb der Bronchiolenringe ist nirgends von subepithelialen Kapillaren unterkleidet, mithin kein respiratorisches Epithel.

Die Mucosa, der kleineren uud kleinsten Bronchien ist nebst einer Schicht von Bindegewebe von einer mächtigen Schicht von glatten Muskelgewebe unterlagert, welche bei den etwas größeren intrapulmonalen Bronchien in zwei Abschnitte, eine innere Längs- und eine äußere Ringmuskelschicht zerfällt, während bei den kleinen, lobularen Bronchiolen die Längsmuskeln zurücktreten und die Ringmuskulatur allein übrig bleibt.

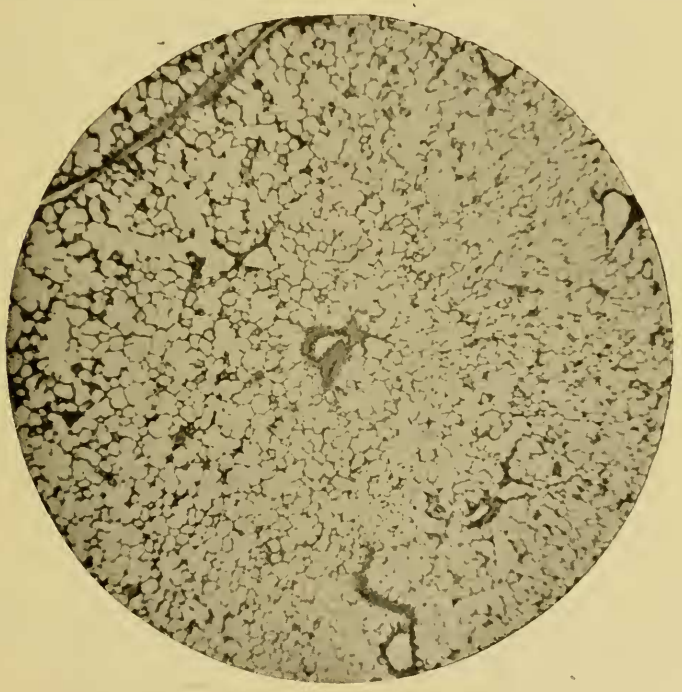

Fig. 9. Schnitt durch das Lungenparenchym eines erwachsenen Rindes; Mikrophotogramm; 21 × nat. Gr.

Nach außen von der Muskelschicht geht das Bindegewebe in das stark ausgebildete Perichondrium über, welches bei Van Gieson-Färbung durch die lebhafte hellrote Farbe hervortritt. An Stellen, wo zwei benachbarte Knorpelspangen enden, sieht man von der Mitte zwischen den Knorpelenden die langen Fasern des Perichondriums nach dem Knorpelgewebe ziehen und den Knorpelring allseitig umgreifen.

Das Bindegewebe ist vielfach reich von elastischen Fasern durchsetzt, eine Erscheinung, die mit ähnlichen Befunden an Walen in Übereinstimmung steht (O. Müller, '98, p. 169).

Muskeln und elastische Fasern finden sich außer in den Wandungen der Bronchi auch sonst noch allenthalben im Lungenparenchym vor; namentlich die zirkuläre Muskellage ist stark verbreitet; glatte Muskulatur durchzieht in dichten Bündeln die Wandungen zwischen den respiratorischen Räumen und erfüllt zum größten Teile die in das Lumen der Alveolen und Endbläschen vorragenden Septen, die auch — offenbar infolge von Muskel-

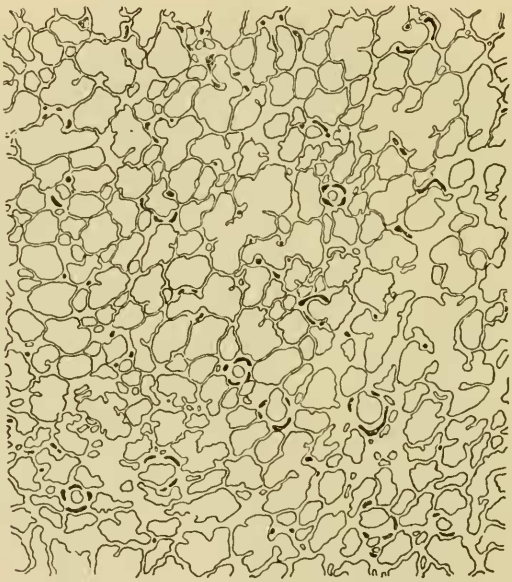

Fig. 10. Tangentialschnitt durch das Lungenparenchym von Halicore dugong; 7,5 × nat Gr. Die schwarz angelegten Gebilde sind Schnitte durch Knorpelspangen.

kontraktionen — häufig terminale, im Querschnitte keulenförmig verdickte Bildungen darbieten.

Größere Räume, die etwa als Atrien im Sinne W. S. Millers aufgefaßt werden könnten, finden sich zwischen den Bronchiolen und Alveolen nicht vor, es schließen sich vielmehr die respiratorischen Räume (Alveolen) unmittelbar an die Endstücke der Bronchienästchen an, u. zw. derart, daß oft mehrere Alveolen in demselben Querschnitte dem Bronchiolus aufsitzen. Dies kann nun in verschiedener Weise geschehen, indem ein, zwei oder auch drei

Alveolen sich an den gleichen Abschnitt zwischen zwei Knorpelringen anschließen und nach verschiedenen Richtungen hin abgehen.

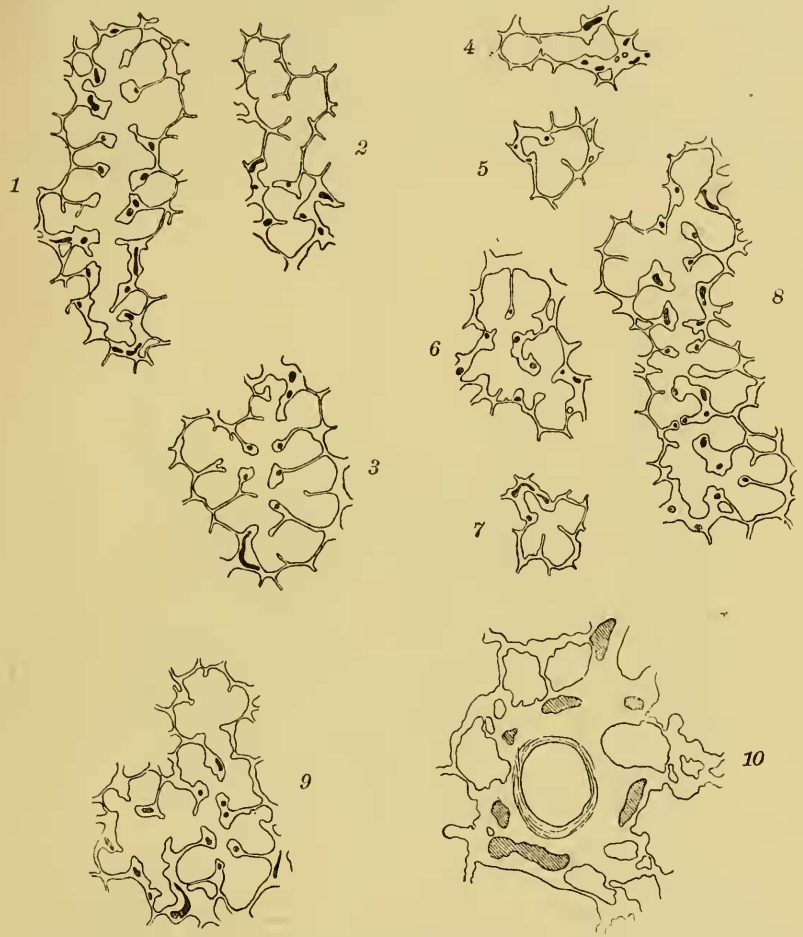

Fig. 11. Teile aus Tangentialschnitten durch das Lungenparenchym von Halicore dugong; No. 1—9 : 9 × nat. Gr., 10 : 23 × nat. Gr. 1—9 Knorpelspangen tragende Bronchiali mit parietalen Alveolen; 10 quergeschnittener Bronchialzweig mit Knorpelausstattung und parietalen Alveolen. Knorpelschnitte schwarz angelegt.

Das respiratorische System. Die Alveolen sind, wie der Vergleich eines Schnittpräparates von Halicore dugong mit Schnitten aus den Lungen verschiedener Landtiere zeigt, beim Dugong ganz bedeutend größer als bei Landsäugern. Dieses Verhältnis wird am

besten durch die Gegenüberstellung eines Schnittes aus dem Lungenparenchym eines erwachsenen Rindes bei gleicher Vergrößerung illustriert (Fig. 8 und 9).

Bei Halicore haben die Alveolen einen Durchmesser von ungefähr 0,5—1 mm; sie sind von sphärischer, meist kugeliger Gestalt und häufig durch Septen in verschiedener Weise geteilt. (Fig. 10).

Diese Teilung kann entweder senkrecht oder schräg zur Längsachse des Bronchiolus oder parallel mit dieser vor sich gehen und eine einfache oder auch eine wiederholte sein. Es kann also die

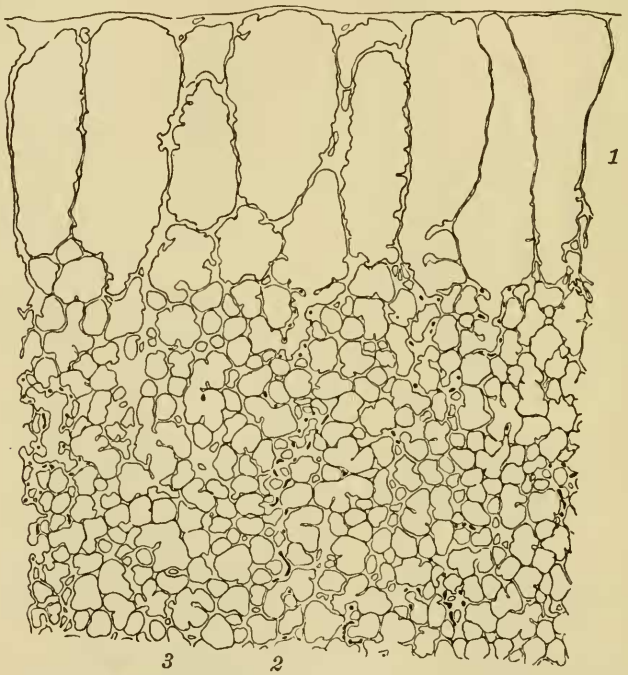

Fig. 12. Medianschnitt durch die Lungenperipherie von Halicore dugong; 5 × nat. Gr. 1 Terminalbläschen; 2 (vertikal darüber) Bronchiolus durch die Kette von Knorpelschnitten charakterisiert; 3 Alveolen. Knorpelschnitte schwarz angelegt.

Teilung durch Septen, welche in der Richtung zum Bronchialgange in das Lumen vorspringen, dem Alveolenschnitte ein kleeblattartiges Aussehen verleihen (Fig. 11, 3 und 5), oder auch eine von beiden Seiten erfolgende Einschnürung zwei oder drei Alveolen hintereinander vom Bronchiolus abgehen lassen. (Fig. 11, 2 und 9.)

Im Ganzen kommt auf diese Weise ein reiches, traubenförmiges Gebilde zustande, in dessen Zwischenräume die von den benachbarten Bronchiolen abgehenden Alveolen eingelagert sind. An das

Ende des Bronchiolus, welcher auch hier noch, wie erwähnt, mit Knorpel ausgestattet ist, schließen sich sodann die großen End- oder Terminalbläschen an, deren Epithel von Kapillarnetzen unterkleidet ist, die somit zum respiratorischen System gerechnet werden müssen.

Diese Terminalbläschen, eine für die Dugong-Lunge ungemein charakteristische Erscheinung, sind sehr groß, 6—10 mm hoch und 1—3 mm breit und haben eine langgestreckte, prismatische, im Querschnitte mehr weniger polygonale Form. Sie grenzen unmittelbar aneinander und bilden auf diese Weise eine kontinuierliche äußerste Schicht an der Peripherie der Lunge. Ihr räumliches Verhalten ist aus den Figuren 12 und 13 zu ersehen.

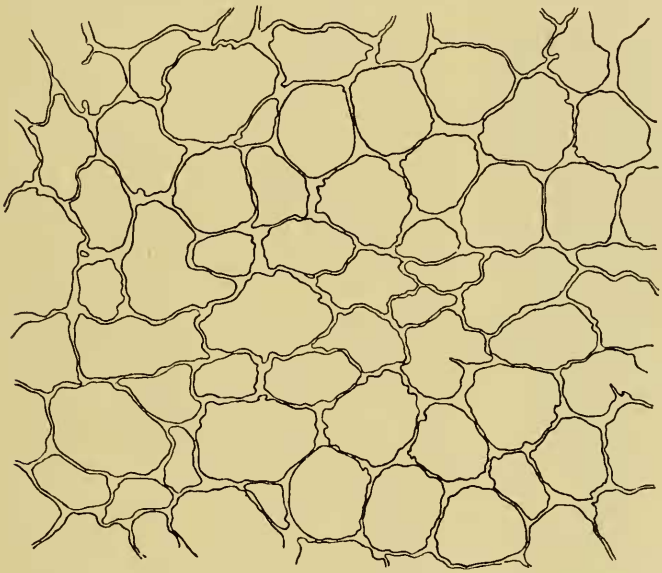

Fig. 13. Tangentialschnitt durch die Terminalbläschenschicht; ca. 5 × nat. Gr.

Es ist hier der Ort, auf einen Irrtum hinzuweisen, welcher sich in der von Home ('20, Taf. XXIX, fig. 2) gegebenen Abbildung vorfindet und gleich der Homeschen Darstellung vom Bronchialknorpel in Owens Werk ('68, p. 580) übergegangen ist, wo der Fehler allerdings infolge der etwas verkleinerten Wiedergabe minder auffallend wirkt. Es wird dort nämlich der Anschein erweckt, als ob die Terminalbläschen in einer doppelten Lage an der Lungenperipherie aufträten, während blos eine einfache Schicht von Endbläschen zu finden ist. Die zuweilen stärker als sonst in das Lumen der Terminalbläschen vorragenden *Plicae*, welche hier und da eine solche Ausdehnung gewinnen, daß das Terminalbläschen

fast vollständig schräg in zwei Räume (im Schnitte von dreiseitig polygonaler Form) geteilt erscheint, können vielleicht diesen verschuldet haben. Die ebengenannten, den Alveolarsepten homologen zahlreichen Plicae, die in das Lumen des Bläschens vorragen, sind im allgemeinen nicht von großer Tiefe; sie sind ring- oder sichelförmig, manchmal am freien Ende verdickt (im Schnitte knopfförmig gewulstet) und rufen in der Aufsicht die der Wand des Endbläschens eigene netzförmige Struktur hervor (Fig. 14).

Diese knopfförmigen Verdickungen an den Septen der Terminalbläschen sind, wie schon weiter oben dargelegt worden ist, von der glatten Muskulatur verursacht, welche bald in der Form breiter Bänder, bald schmaler Bündel, in den ringförmigen Einschnürungen als sichelförmig sich überkreuzende Partien erscheinend, angeordnet ist. Die Alveolen und Endbläschen, die zu einem Bronchiolus gehören, sind untereinander und mit denen der benachbarten Systeme durch reichliches Bindegewebe, welches abgesehen von den erwähnten glatten Muskeln und elastischen Fasern, Gefäße und Nerven führt, verbunden.

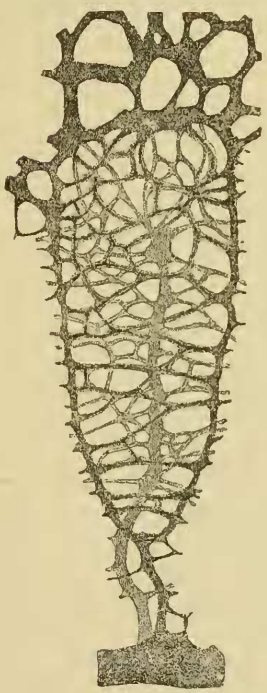

Fig. 14. Median gespaltenes Terminalbläschen aus der Lungenperipherie in der Aufsicht; 10 × nat. Gr. (Das untere Ende ist das periphere.)

Blutgefäße und Kapillaren. Bei der histologischen Untersuchung der Blutgefäße und Kapillaren ergab sich ein ausgezeichneter Konservierungszustand der Erythrocyten. Auch die Kapillarnetze boten sehr instruktive Bilder.

Die roten Blutkörperchen sind, namentlich in den größeren Gefäßen, sehr schön in den verschiedensten Stellungen, einzeln und in Geldrollenbildung zu sehen. Sie sind fast kreisrund, mit Delle versehen, sodaß sie in der Seitenansicht bisquitförmig erscheinen; bei Eosinfärbung leuchtend rot, läßt sie die Van Gieson-Färbung je nach Dichte und Untergrund hellgrünlichgelb bis braungelb erscheinen. Ihr Durchmesser schwankt zwischen 6,25 und 8,95 μ, doch sind die großen (über 8 μ) selten, die kleinen (zwischen 6 und 7 μ) in der Mehrheit; eine Durchschnittsberechnung aus 50 gemessenen Blutkörperchen ergab für den Durchmesser 7,125 μ. Vergleicht man mit diesen Befunden die Angaben über die Größe der Erythrocyten bei anderen Tieren, so zeigt sich, daß diejenigen von Halicore mit jenen von Manatus eine gewisse Inkonstanz gemeinsam zu haben scheinen. Denn Murie ('80, p. 44) gibt nach Gulliver ('78) den Durchmesser bei Manatus mit $\frac{1}{2400}$ inch. d. i. 10,5 μ an, während Garrod ('77,

p. 140) den Durchmesser der größten Erythrocyten von Manatus zu $\frac{1}{2700}$ inch. d. i. 9 μ berechnet und dazu bemerkt: „others being considerably smaller". Im Durchschnitt stimmt die Größe der roten Blutkörperchen von Halicore nach unseren Messungen ungefähr mit der Größe der Blutkörperchen von Menschen, Hund und Kaninchen überein.

Die Kapillaren bilden an den Alveolen Netze, welche der Innenwand derselben angelegt ebenfalls sphärische, meist etwa kugelförmige Gestalt besitzen. Infolgedessen bieten die Flächenansichten im mikroskopischen Bilde, als Kugelkalotten, nur im Mittelteil eine klare, verwertbare Struktur, während die Randpartien vielfach verzerrte und sich überdeckende Maschen aufweisen.

Eigentümliche Bilder geben die Kapillaren an den zusammengesunkenen, nicht prall aufgeblasene Alveolen besitzenden Teilen der benützten Objekte, die so gleichsam im Exspirationsstadium (Kadaverstellung) konserviert wurden.

Da hier auch die Kapillarnetze zusammengefallen sind, so sieht man diese im Alveolenquerschnitte in dicken Lagen als breite innere Einfassung des Alveolenhohlraumes, sodaß hier die respiratische Wandung viel deutlicher hervortritt, als in den Schnitten der Lungenalveolen, die straff gespannt (aufgeblasen), die intravitale Inspirationsstellung derselben fixieren. Von den Kapillarnetzen sind Teile aus verschiedenen Lungenabschnitten in der Fig. 15 zur Darstellung gebracht.

Bemerkenswert ist, daß das Lungenkapillarnetz bei Halicore eine gröbere Konstruktion und massivere Verhältnisse zeigt, als dies bei den Landsäugern der Fall ist. Die Kapillaren sind beim Dugong sowohl in Bezug auf die Weite der Maschen als auch auf die Stärke der Kapillargefäße selbst sehr verschieden; die Maschenweite schwankt zwischen 4 : 5,8 und 20 : 57 μ, die Dicke der Kapillarröhren zwischen 2 und 8 μ. Vergleichen wir damit die Angabe Köllikers (1867) über die Lungenkapillaren beim Menschen: „Das Lungenkapillarnetz ist eines der engsten Netze, die es nur gibt, beim Menschen nach einem feuchten Stücke bestimmt, mit rundlichen oder länglichrunden Maschen von 4,5—18 μ und Gefäßchen von 6,7—11 μ (nach Oppel,: 05, p. 741), so ergibt sich, daß die Minima zwar nicht weit voneinander entfernt sind, bei Halicore aber weit größere Maße im Durchschnitt und im Maximum erreicht werden. Auch in der Form der Kapillarmaschen ergeben sich ganz bedeutende Unterschiede zwischen den aus verschiedenen Schnitten entnommenen Proben. Im allgemeinen sind die Maschen rundlich oder unregelmäßig polyëdrisch, bei einzelnen ganz großen Maschen auffällig langgestreckt.

Resumieren wir die hier angeführten Befunde, so ergibt sich als Hauptmerkmal der Lunge von Halicore dugong die besondere Größe der respiratorischen Räume, der Alveolen. Der Unterschied, der auch bei Landsäugern und den Mammalia überhaupt zwischen der Größe der parietalen und der terminalen Alveolen

besteht, — ein Unterschied, der sonst nach Moleschott (vgl. Oppel,: 05, p. 641) allerdings bloß 0,02 mm zugunsten der Bläschen der Lungenoberfläche beträgt, — vergrößert sich bei Halicore zu einem fundamentalen, indem die oben beschriebenen End- oder Terminalbläschen, welche mehrere mal so groß sind als die Alveolen des Lungeninnern, eine besondere Kategorie luftführender Räume für sich darstellen. Aber auch die gewöhnlichen oder

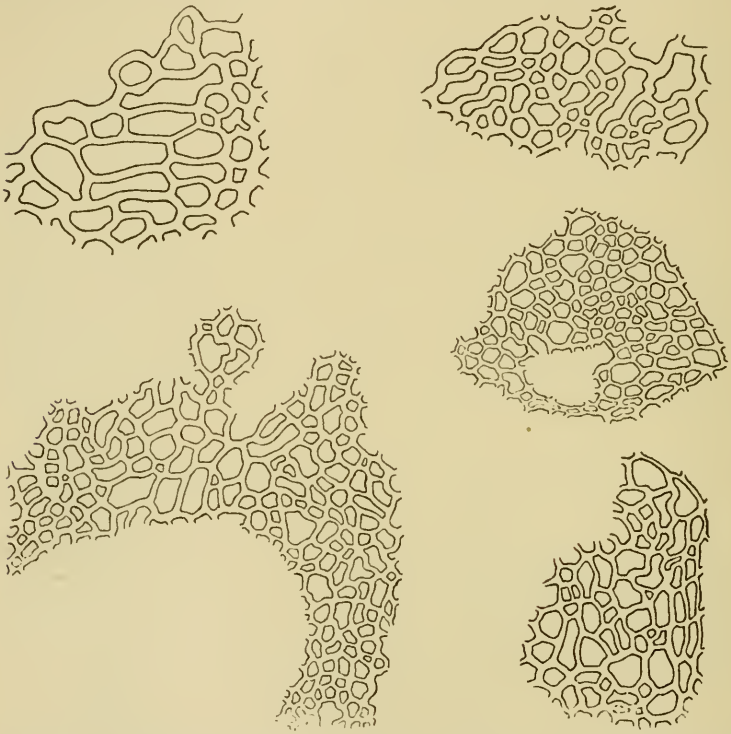

Fig. 15. Kapillarnetze aus verschiedenen Teilen des Lungenparenchyms von Halicore dugong; 250 × nat. Gr. Mit dem Zeichenprisma projiziert.

parietalen Alveolen übertreffen den durchschnittlichen Alveolendurchmesser anderer Säugetiere ganz bedeutend; beträgt der Durchmesser der Alveolen bei Maus und Fledermaus 0,02—0,03, bei der Ratte 0,04, beim Kaninchen 0,05, beim Menschen in den mittleren Jahren durchschnittlich 0,15 mm, so schwankt die Größe der Alveolen beim Dugong zwischen 0,5 und über 1 mm, übertrifft also selbst die größten der angeführten Maße bei anderen Säugern um ein Mehrfaches.

Dieses Ergebnis ist deshalb ein so auffallendes, weil die Größe der Luftzellen eine bedeutende Verringerung der respira-

torischen Oberfläche involviert, während man im Gegenteil von vornherein erwartet hätte, daß bei einem Tiere von der Lebensweise des Dugong die Anpassung zu dem entgegengesetzten Resultate, zu einer starken Vergrößerung der respiratorischen Fläche, hätte führen müssen.

Dieser Mangel mag wohl durch die Größe der Lungen, den starken, kräftigen Bau ihrer Teile und die Größe und die massivere Form der Kapillaren ein gewisses Gegengewicht erhalten. Vielleicht spielen die bei Sirenen und Waltieren allenthalben im Körper vorkommenden Kapillarnetze, die als mächtige Blutreservoire angesehen werden müssen, in der vorliegenden Frage eine wesentliche Rolle. Doch sind die einschlägigen Verhältnisse zu wenig gekannt, um ein abschliessendes Urteil zu gestatten. Eine zweite bemerkenswerte Erscheinung an der Lunge von Halicore bildet das massenhafte Vorkommen glatter Muskulatur und elastischer Fasern. Über die elastischen Fasern im Lungenparenchym sagt O. Müller ('98, p. 169) von den wasserbewohnenden Säugetieren: „Auf die Lungen machte sich der Einfluß der großen Dehnungsfähigkeit des Thorax dahin geltend, daß sie in hohem Maße elastisch wurden, um den Bewegungen des Brustkorbes folgen zu können. Die Elastizität erklärt sich zum Teile aus der Menge der elastischen Elemente im Lungengewebe. Doch nicht allein in der großen Erweiterungsfähigkeit besteht der Zweck der großen Elastizität der Lungen, sondern in ebenso hohem Maße vielleicht in der dadurch bedingten Festigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen hohe Drucke, die auf die Lungen der Wassersäugetiere bei deren Tauchen in große Tiefen ausgeübt werden. Der Gefahr der Zersprengung, der die stark mit Luft gefüllten Lungen infolge der damit verbundenen Kompression ausgesetzt sind, wird also gleichzeitig auf diese Weise wirksam begegnet.“ Aber diese beiden Umstände, die Erweiterungsfähigkeit und Widerstandskraft, werden nicht minder wie durch die Zunahme der elastischen Elemente und das massenhafte Auftreten glatter Muskulatur auch durch die Erhaltung der Knorpelelemente bis in die feinsten Bronchioli gefördert. Alle diese Umstände lassen die Halicore-Lunge so wohl angepaßt an die besonderen Lebensverhältnisse des Tieres erscheinen. Nimmt man dazu, daß F. E. Schulze schon an den Amphibien fand: „Im bindegewebigen Stroma des übrigen Lungenparenchyms findet sich glatte Muskulatur und zwar oft so reichlich eingelagert, daß sie die Hauptmasse des ganzen Gewebes ausmachen kann“, (nach Oppel, : 05, p. 242), so werden wir wohl nicht fehlgehen, wenn wir in der Zunahme der beiden genannten Elemente eine Konvergenzerscheinung bei allen dem Wasserleben mehr oder weniger angepaßten Wirbeltieren erblicken, welche darauf ausgeht, die Elastizität, Erweiterungsfähigkeit der Lungen und deren Widerstandskraft gegen hohen Druck zu erhöhen.

Versuchen wir um aus dem Vorhergehenden einige Schlüsse auf die Physiologie der Atmung beim Dugong zu ziehen, so wollen

wir zunächst rekapitulieren, was bisher über den Atmungsprozess bekannt geworden ist.

Prof. Dexler war der erste, welchem es glückte, einen lebenden Dugong durch etwa 48 Stunden beobachten zu können. Ich fasse hier die Ergebnisse dieser Erfahrungen nach Dexler und Freund (: 06) zusammen: die Bewegungen des gefangenen Tieres betrafen fast ausschließlich die Atmung. Zum Atmen kam der Gefangene in Pausen von 14—42 Sekunden, später von 17—65, noch später von 100—120 Sekunden herauf, stieß die Expirationsluft mit heftigem und langem Blasen aus und inspirirte weniger laut und kurz. In der Regel kommt der Dugong nur mit der Nasenpartie des Kopfes zum Atemholen über Wasser. Kaum hat der Dugong Atem geschöpft, schließt er sofort die Nasenlöcher und versinkt in die Tiefe. Der Schluß erfolgt dadurch, daß der Boden des Naseneinganges flach hügelförmig gehoben und gegen das Dach desselben angepreßt wird. Beide Atemprozesse erfolgen auch außer Wasser ausschließlich durch die Nase.

Hält man diese bisherigen Beobachtungen mit den anatomischen Befunden zusammen, so ergiebt sich, daß die großen Alveolen und die noch größeren Terminalbläschen dem Tiere die Möglichkeit geben, schnell und mit kurzer, kräftiger, durch die starke Muskulatur etc. unterstützter Inspiration viel Luft in die geräumigen Lungen aufzunehmen. Die Größe der Kapillaren und der respiratorischen Fläche überhaupt ermöglicht korrespondierend mit der schnellen und kräftigen Inspiration eine schnelle Aufnahme und Verarbeitung des großen, angesaugten Luftquantums. Die Exspiration dürfte durch Kontraktion der Alveolen und Bronchien unterstützt werden, worauf die mächtige Alveolar- und Bronchialmuskulatur hinweist.

Die Atemfrequenz ist eine außerordentlich geringe. Dexler u. Freund (l. c.) nehmen an, daß die Atempause im Durchschnitt 1 Minute o. etwas weniger betragen dürfte, während z. B. für Ratten und Meerschweinchen 100—150, für das Kaninchen 50—60, für die Katze 20—30, für den Menschen 12—19 und selbst für die Waltiere noch 4—5 Atemzüge in der Minute angegeben werden.

Die Frage der Tauchfähigkeit, welche zuweilen auch bei den Sirenia erörtert wird, hat bei diesen keine große Bedeutung. Damit wird nämlich die Entwicklung des schweren Skeletes bei Halitherium und den rezenten Sirenen in Verbindung gebracht. So sagt auch Marshall von ihnen: (p. 46) „Sie nehmen viel Luft in ihren geräumigen Lungen mit in das Wasser, so daß sie, wenn sie nicht durch ihr Skelet beschwert wären, viel Kraft aufwenden müßten, um auf dem Boden zu bleiben.“ Dagegen ist aber zu bemerken, daß die Wale, welche weit bessere Tauchtiere sind, kein schweres, sondern wegen seines porösen Knochenbaues leichtes Skelett besitzen. Die Sirenen verfügen aber über gar keine besondere Tauchfähigkeit. Für den Dugong, der für gewöhnlich bloß

soweit in die Tiefe niedersteigt als das ihm zusagende Futter reicht, also höchstens 6 m unter dem Wasserspiegel, kommt eine eigentliche Tauchfähigkeit nicht in Betracht, da das Auftauchen und Hinabgleiten schon durch eine geringe Gewichtsregulation ermöglicht wird.

Literatur-Verzeichnis.

1847. Bischoff, Th. L. W. Einige Beiträge zur Anatomie des Dugong. In: Arch. f. Anat., Physiol. p. 1—6.

1892. Bouvier, E. L. Observations anatomiques sur l'Hyperoodon rostratus. Annales des sciences nat.; Zoologie, tom XIII, p. 259—320.

1861—1868. Brandt, Joh. Fr. Symbolae sirenologicae. Mém. de l'acad. imp. d. sciences de St. Petersbourg, VII. sér., tom XII, No. 1, fasc. II et III, p. 1—383.

1869. Carte, A. u. A. Macalister. On the Anatomy of Balaenoptera rostrata. Phil. Trans. Roy. Soc. London for the year 1868, vol. 158, p. 201—261.

1906. Dexler, H. u. L. Freund. Zur Biologie und Morphologie von Halicore dugong. Arch. f. Nat., 72. Jahrg., I. Bd., 2. Heft, p. 77—106.

1877. Garrod, A. H. Notes on the Manatee (Manatus americanus), recently living in the Society's Gardens. Trans. Zool. Soc. London, vol. X, part 3, p. 137—145.

1901. Gegenbauer, Carl. Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere, 2. Bd., Leipzig.

1878. Gulliver, G. Measurements of the Red Blood-corpuscles of the American Manatus (M. latirostris) and Beluga leucas. Ann. Mag. Nat. Hist., 5. ser., vol. 2, p. 172—174.

1897. Heller, R. u. H. v. Schrötter. Die carina tracheae. Denkschr. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-Nat. Cl., 64. Bd., p. 397—438.

1820. Home, Ev. Particulars respecting the anatomy of the Dugong, intended as a Supplement to Sir T. R. Raffles account of that animal. Phil. Trans. Roy. Soc. London 1820, part II, p. 315—323.

1874—1900. Leche, W. Atmungsorgane. Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreichs, 6. Bd., 5. Abt.: „Mammalia", Leipzig, p. 1110—1151.

1896. Marshall, W. Über Waltiere. Der Zool. Garten, 37. Jahrg.

1898. Müller, Otto. Untersuchungen über die Veränderungen, welche die Respirationsorgane der Säugetiere durch die

Anpassung an das Leben im Wasser erlitten haben. Jenaische Zeitschr. f. Nat. Bd. 32, (N. F. 25) p. 95–230.
1870. Murie, J. On the Form and Structure of the Manatee (Manatus americanus). Trans. Zool. Soc. London, vol. VIII, part 3, p. 127—202.
1880. Derselbe. Further Observations on the Manatee. Trans. Zool. Soc. London, vol. XI., part 2, p. 19—48.
1905. Oppel, A. Atmungsapparat. Lehrbuch der vergl. mikroskopischen Anatomie der Wirbelthiere, 6. T., Jena.
1838. Owen, R. On the Anatomy of the Dugong. Proc. Zool. Soc. London, part VI, p. 28—46.
1868. Derselbe. On the Anatomy of Vertebrates, vol. III.
1820. Raffles, Th. Stamf. Some account of the Dugong; communicated in a Letter to Sir Everard Home. Phil. Trans. Roy. Soc. London, part I, p. 174—182.
1906. Schulze, F. E. Beiträge zur Anatomie der Säugetierlungen. Sitzb. Preuss. Ak. W., phys. math. Kl. p. 225—243.